

Aktiviti Gelombang Otak Semasa Rehat, Sudoku Dan Selepas Simulasi Perlawanan Taekwando

Zainal Abidin Bin Zainuddin¹ & Izwyn Binti Zulkapri¹

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Johor, Malaysia

Abstrak: Aktiviti gelombang otak dikatakan berbeza dalam keadaan yang berbeza. Kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti corak aktiviti gelombang otak dalam keadaan yang berbeza iaitu ketika rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo. Tiga orang atlet taekwondo wanita yang berpengalaman menyertai pertandingan peringkat kebangsaan dipilih sebagai subjek untuk kajian ini. Aktiviti gelombang otak subjek direkodkan ketika subjek berada dalam keadaan rehat sambil mendengar muzik jenis instrumental, semasa subjek bermain sudoku dan sejeurus selepas simulasi perlawanan taekwondo menggunakan *electroencephalogram* (EEG) dalam perisian *Biopac Student Lab*. Aktiviti gelombang otak kemudian diekstrak kepada empat jenis gelombang otak iaitu *alpha*, *beta*, *delta* dan *theta*. Perubahan tertinggi dari nilai sifar bagi setiap empat saat dikenal pasti dan corak gelombang otak diperolehi. Aktiviti gelombang otak dianalisis menggunakan *repeated measures analysis of variance* dalam *Statistical Package of Social Sciences*. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah tidak signifikan bagi gelombang otak *beta* dan *theta* antara keadaan rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan dengan nilai *p* masing-masing ialah $p = 0.625$ dan $p = 0.423$ iaitu $p > 0.05$. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah signifikan bagi gelombang otak *alpha* $F(2, 4) = 19.966$, $p = 0.008$, $p < 0.05$ dan *delta* $F(2, 4) = 27.842$, $p = 0.004$, $p < 0.05$ antara keadaan rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan di mana keputusan simulasi perlawanan menunjukkan peningkatan drastik dalam relaksasi mental.

Katakunci: gelombang otak, Sudoku, Taekwando

Abstract: Brainwave activities were said to differ under different conditions. The purpose of this study is to determine the brainwave activity patterns in different conditions which are during rest, during a game of sudoku and after simulation sparring in taekwondo. Three female taekwondo athletes who were experienced in participating in national level tournaments were chosen as subjects for this study. Brainwave activities were recorded for two minutes when subjects rested while listening to instrumental music, while subjects were playing a game of sudoku and following bouts of simulation sparring using electroencephalogram (EEG) in Biopac Student Lab software. The brainwave activities were then separated into four types of brainwaves which are beta, alpha, theta and delta. The highest changes from zero for every four seconds was identified and brainwave patterns were obtained. The brainwave activities were analysed using repeated measures analysis of variance in Statistical Package for Social Science. The Sphericity assumption was accepted with the main effect showing no significant difference for beta and theta waves between conditions (rest, sudoku and after sparring) with *p* values of $p = 0.625$ and $p = 0.423$ respectively ($p = 0.05$). Sphericity assumption was accepted with the main effect showing significant differences for alpha waves $F(2, 4) = 19.966$, $p = 0.008$, $p < 0.05$ and delta waves $F(2, 4) = 27.842$, $p = 0.004$, $p < 0.05$ between during rest, during sudoku and following simulation sparring. In conclusion, brainwave activities differ under different conditions where sparring activities show an interesting finding in inducing high mental relaxation.

Keywords: Brainwave, sudoku, Taekwando

1.0 PENGENALAN

Otak merupakan organ elektrokimia yang mempunyai kawalan ke atas system saraf tunjang dan juga sistem saraf periferi. Ia mengawal kesemua aktiviti tubuh manusia sama ada secara tidak sedar (luar kawal) ataupun dikawal dalam keadaan sedar. Ia bertanggungjawab ke atas pelbagai metabolisme tubuh badan, kawalan pernafasan dan peredaran darah, penerimaan maklumat sensori, pengorganisasian pengecutan otot untuk tujuan pergerakan serta

mengekalkan postur badan. Otak mengandungi berjuta-juta neuron yang mempunyai kebolehan untuk berkomunikasi secara elektrik dan kimia dengan beribu-ribu sel saraf yang lain. Otak yang berfungsi dengan sepenuhnya berupaya menghasilkan kuasa elektrik sebanyak 10 Watt. Aktiviti elektrik dalam otak dipaparkan dalam bentuk gelombang otak.

2.0 SOROTAN PENNULISAN

Menurut Nybo dan Nielson (2001), *perceived exertion* semasa latihan yang berpanjangan dalam persekitaran yang panas adalah lebih berkaitan dengan perubahan aktiviti elektrik otak berbanding perubahan *electromyogram* (EMG) pada otot yang digunakan. Perubahan pada aktiviti EEG diperhatikan pada semua kedudukan elektrod manakala tidak terdapat korelasi yang signifikan antara *rating of perceived exertion* (RPE) dengan EMG yang diukur. Nybo dan Nielson (2001) terus menyatakan bahawa *perceived exertion* secara subjektif adalah sangat berkait dengan peningkatan suhu teras dan perubahan frekuensi EEG yang diperolehi dari kawasan *prefrontal cortex*. Keletihan dan kelesuan semasa latihan yang berpanjangan dalam persekitaran panas menyebabkan perubahan dalam sistem saraf tunjang.

Kajian Rau *et al.* (1998) mengenai perubahan EEG selepas lakukan mencekik dalam judo menunjukkan peningkatan aktiviti gelombang otak *delta* dan *theta* manakala aktiviti gelombang otak *alpha* didapati berkurang dalam tempoh 20 saat selepas lakukan mencekik dalam judo dilakukan. Hasil kajian mereka mendapati bahawa gelombang *delta* dan *theta* meningkat ke tahap yang signifikan.

3.0 PERNYATAAN MASALAH

Sudah menjadi kebiasaan apabila seorang atlet dibanding dengan atlet yang lain. Pelbagai kajian yang membuat perbandingan antara atlet dalam pelbagai sukan telah dijalankan. Aspek yang biasa dikaji adalah dari segi tahap ambang anaerobik, 19 daya tahan dan kekuatan otot serta corak denyutan jantung atlet. Ini bermakna, pelbagai kajian dijalankan tidak kira yang melibatkan kebolehan fizikal atau fisiologikal. Walau bagaimanapun, kajian mengenai penggunaan EEG untuk membuat perbandingan corak gelombang otak atlet kurang dijalankan. Aktiviti yang berlainan mempunyai keperluan yang berlainan. Sesetengah aktiviti memerlukan kebolehan fizikal yang maksimum manakala ada aktiviti yang mementingkan pemikiran daripada kemampuan fizikal. Gelombang otak seseorang atlet juga berbeza bergantung kepada jenis aktiviti yang dijalankan dan jenis keupayaan yang digunakan sama ada mental atau fizikal.

Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti dan membandingkan corak gelombang otak atlet taekwondo wanita ketika melakukan aktiviti yang berbeza. Aktiviti yang dilakukan ialah rehat sambil mendengar lagu insrtumental, bermain permainan sudoku dan simulasi perlawanan taekwondo (*light simulation sparring*).

4.0 OBJEKTIF KAJIAN

1. Mengetahui corak gelombang otak atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo.
2. Mengetahui corak gelombang otak atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo mengikut jenis gelombang otak.

3. Membandingkan aktiviti gelombang otak atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo mengikut jenis gelombang otak.

5.0 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini dijalankan supaya corak aktiviti gelombang otak atlet taekwondo wanita dapat dikenal pasti dan ditentukan sama ada terdapat persamaan atau perbezaan corak aktiviti gelombang otak semasa melakukan aktiviti yang berbeza. Dapatan kajian ini dapat memberi maklumat serta gambaran mengenai corak aktiviti gelombang otak atlet taekwondo wanita ketika rehat, semasa bermain Sudoku dan sejeurus selepas perlawanan simulasi. Daripada corak aktiviti gelombang otak yang diperolehi, situasi yang memberikan ketenangan mental dan keadaan yang menyebabkan atlet banyak menggunakan pemikiran dapat dikenal pasti. Ini membolehkan atlet mengetahui keperluan penggunaan mental dalam setiap keadaan. Oleh kerana skop kajian ini hanya tertumpu kepada atlet taekwondo wanita, ia boleh digunakan sebagai panduan dan rujukan untuk memperkembangkan kajian di masa hadapan. Kajian mengenai aktiviti elektrik otak dalam pergerakan sukan dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme motor sensori dalam otak manusia serta dalam meningkatkan kemahiran sukan tertentu (Ohtsuki, 2007).

6.0 BATASAN KAJIAN

1. Subjek kajian hanya tertumpu kepada atlet taekwondo wanita yang berpengalaman dalam menyertai pertandingan taekwondo peringkat kebangsaan.
2. Bacaan EEG yang direkodkan hanya dua minit bagi setiap keadaan iaitu semasa rehat, semasa bermain sudoku dan sejeurus selepas simulasi perlawanan taekwondo.
3. Perisian yang digunakan iaitu *Biopac Student Lab* hanya dapat mengesan gelombang otak *alpha*, *beta*, *delta* dan *theta*. Oleh itu, gelombang *gamma* tidak dapat dikesan dalam kajian ini.

7.0 METOD

1. Sampel Kajian

Sample kajian terdiri daripada tiga orang atlet taekwondo wanita yang berpengalaman mewakili negeri ke pertandingan taekwondo peringkat kebangsaan. Subjek dipilih secara sukarela untuk kajian ini.

2. Instrumen kajian

Instrumen atau alat kajian yang mempunyai kebolehpercayaan dan kesahan yang tinggi adalah amat penting bagi memperoleh data yang dikehendaki. Kajian ini memerlukan beberapa instrumen kajian untuk membantu menyelidik dalam proses pengumpulan data.

i) Perkakasan dan Perisian Biopac Student Lab

Biopac Student Lab (BSL) mempunyai pelbagai alat yang boleh digunakan bersama perisian untuk pelbagai tujuan. Bagi tujuan kajian ini, alat yang digunakan ialah EEG. Alat ini digunakan untuk mendapatkan bacaan aktiviti elektrik otak dalam bentuk data mentah iaitu corak gelombang otak. Manakala perisian BSL digunakan dalam merekod, membaca dan memaparkan data yang diperolehi. Data mentah (corak gelombang otak) yang diperolehi dari alat EEG akan dipecahkan kepada empat gelombang (*beta, alpha, theta, delta*) dan perubahan maksima bagi setiap empat saat dikenal pasti.

ii) Borang Maklumat Diri

Instrumen ini digunakan untuk mendapatkan maklumat mengenai latar belakang kesihatan dan latar belakang sukan setiap subjek bagi membantu penyelidik semasa analisis data. Pengaruh faktor pengalaman terhadap corak gelombang otak mungkin dapat dilihat.

iii) Borang Perjanjian

Borang perjanjian digunakan untuk mendapat persetujuan subjek untuk menyertai kajian yang dijalankan. Borang ini bertujuan melindungi penyelidik dari sebarang tindakan undang-undang jika berlaku kemalangan semasa kajian dijalankan.

8.0 PROSEDUR KAJIAN

Penyelidik tidak menjalankan kajian rintis untuk instrumen kajian ini kerana kajian yang dijalankan adalah berpandukan kepada langkah-langkah berikut:

1. Subjek

Subjek adalah di kalangan atlet taekwondo wanita yang berpengalaman dalam menyertai pertandingan taekwondo di peringkat kebangsaan. Seramai tiga orang atlet taekwondo wanita dipilih secara sukarela sebagai subjek untuk kajian ini.

2. Taklimat Kajian

Penyelidik memberi taklimat kepada semua subjek mengenai prosedur kajian, waktu kajian dijalankan dan cara-cara mengisi borang maklumat diri. Penyelidik memaklumkan kepada subjek tarikh dan masa kajian dijalankan supaya setiap subjek mengetahui waktu yang perlu dihadiri untuk menjalankan kajian. Setiap subjek diingatkan supaya melakukan yang terbaik semasa menjalani setiap fasa pengujian sepanjang kajian dijalankan.

3. Prosedur Ujian

Semua subjek dikehendaki mengisi borang maklumat diri mengenai latar belakang kesihatan dan latar belakang sukan sebelum menjalankan prosedur ujian. Penyelidik kemudian memasang tiga elektrod mengikut prosedur pemasangan (Jadual 3.1) pada kulit kepala di bahagian *temporal* dan *occipital* di sebelah kiri otak. Penyelidik akan merekodkan aktiviti elektrik otak subjek menggunakan EEG selama dua minit. Pengambilan data menggunakan EEG dijalankan dalam tiga fasa iaitu semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas

perlawanan simulasi (*light simulation sparring*). Selepas selesai mengambil data dalam fasa ketiga, subjek dikehendaki melakukan aktiviti *cooling down*.

4. Pengumpulan Data

Data diperoleh daripada ketiga-tiga fasa melalui EEG dalam bentuk data mentah (gelombang otak). Data yang diperoleh adalah gelombang otak selama dua minit.

5. Analisis Data

Data dianalisis dalam dua peringkat. Pada peringkat pertama, data dianalisis menggunakan perisian *Biopac Student Lab* untuk mendapatkan perubahan aktiviti gelombang tertinggi setiap empat saat bagi setiap jenis gelombang otak (EEG, *alpha*, *beta*, *delta*, *theta*). Peringkat kedua analisis data menggunakan *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) Versi 11.5 di mana perbandingan *repeated measures analysis of variance* (ANOVA) digunakan untuk membandingkan aktiviti elektrik otak semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo.

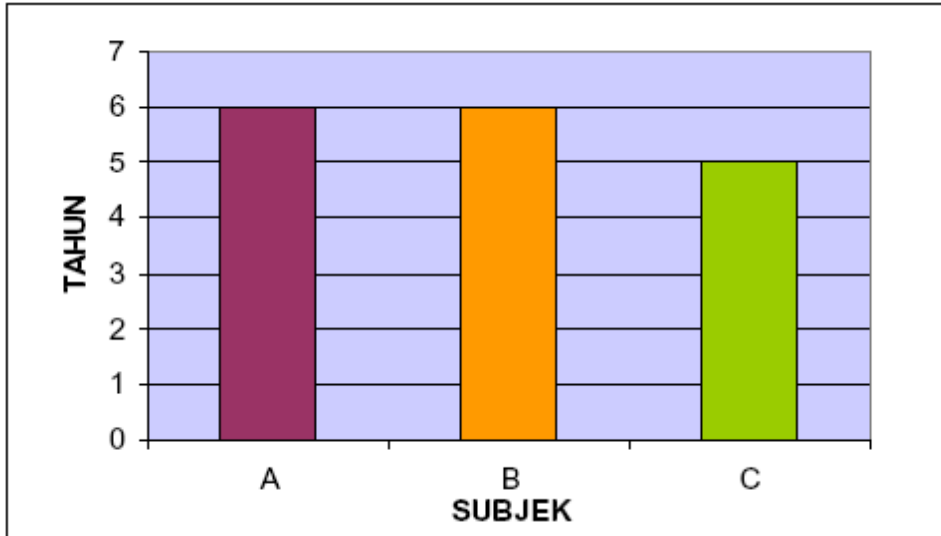
9.0 KEPUTUSAN

1. Latar Belakang Subjek

Jadual 1: Taburan umur, berat dan tinggi subjek

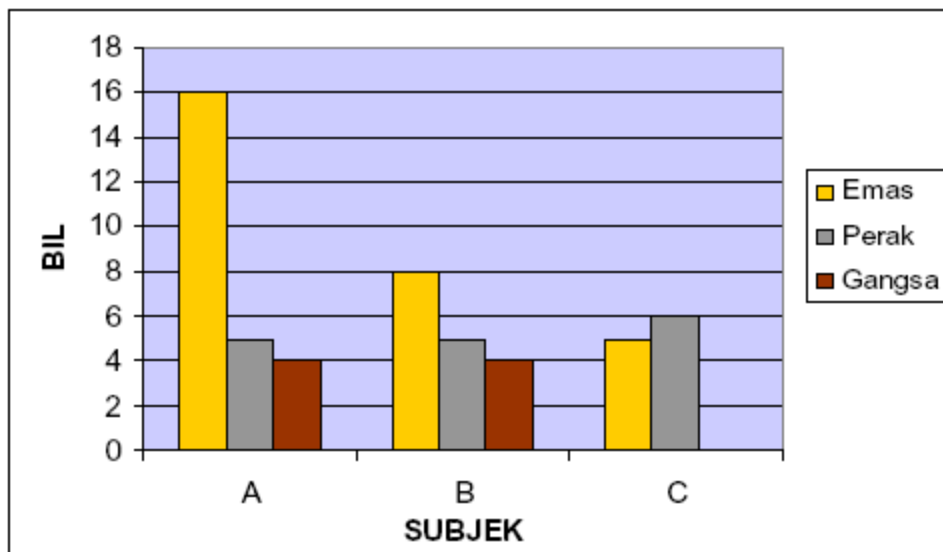
Subjek	Umur	Berat (kg)	Tinggi (cm)
A	21	72	170
B	18	55	165
C	20	45	154
Purata (min)	19.67	57.33	163.00
Sisihan Piawai (SP)	1.53	13.65	8.19

Jadual 1 menunjukkan taburan umur berat dan tinggi setiap subjek. Subjek yang dipilih bagi kajian ini berumur dalam lingkungan 18 hingga 21 tahun. Berdasarkan analisis yang dijalankan, purata dan sisihan piawai ($\text{min} \pm \text{SP}$) bagi umur, berat dan tinggi subjek ialah umur (19.67 ± 1.53 tahun), berat (57.33 ± 13.65 kg) dan tinggi (163.00 ± 8.19 cm).



Rajah 1: Pengalaman subjek dalam pertandingan

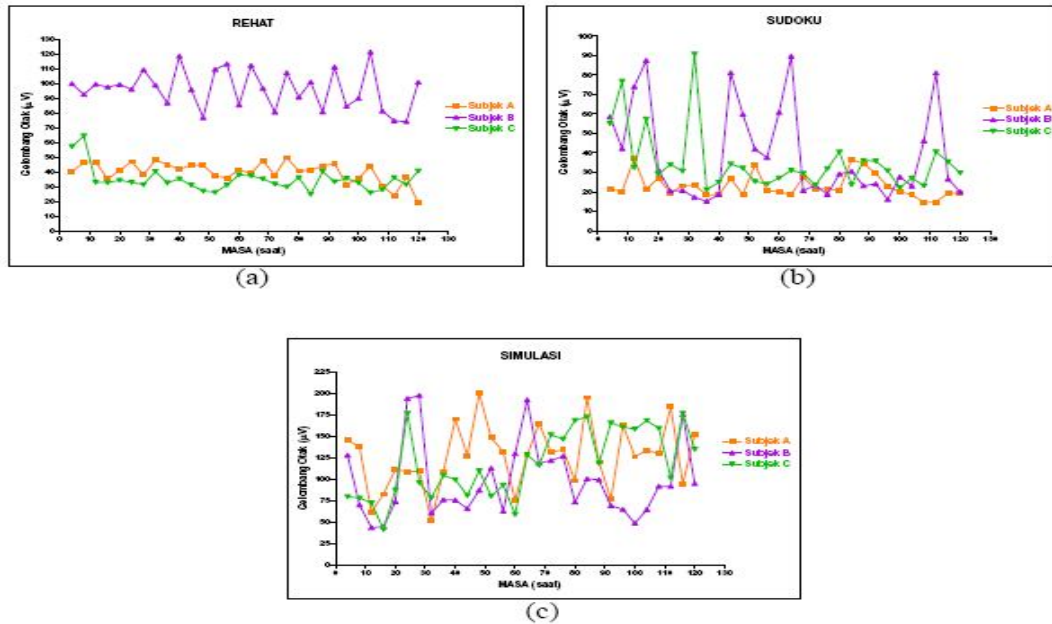
Rajah 1 menunjukkan pengalaman subjek menyertai pertandingan. Subjek A dan B mempunyai pengalaman bertanding selama enam tahun manakala subjek C mempunyai lima tahun pengalaman.



Rajah 2: Pencapaian subjek dalam pertandingan

Rajah 2 menunjukkan pencapaian setiap subjek dalam pertandingan. Pencapaian subjek A ialah 16 emas, lima perak dan empat gangsa. Subjek B mempunyai pencapaian lapan emas, lima perak dan empat gangsa manakala subjek C mempunyai pencapaian lima emas dan enam perak.

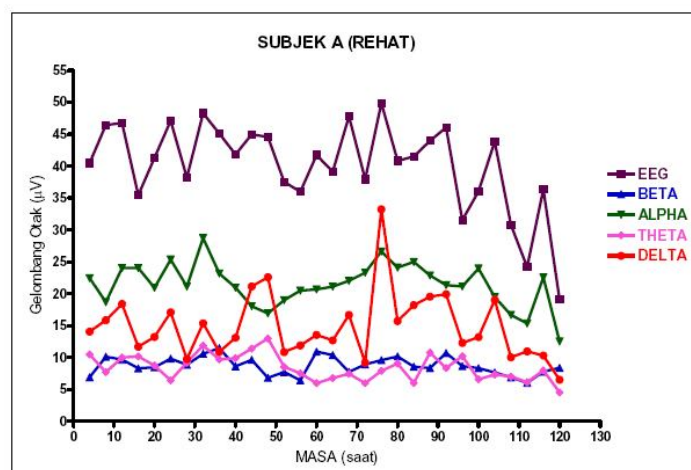
2. Corak EEG Semasa Rehat, Sudoku dan Selepas Simulasi Perlawanan



Rajah 3: Corak EEG bagi subjek A, B dan C (a) semasa rehat (b) semasa bermain sudoku (c) selepas simulasi perlawanan taekwondo

Rajah 3 menunjukkan corak EEG bagi subjek A, B dan C semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo. Berdasarkan rajah, didapati corak EEG bagi subjek A dan C adalah hampir serupa bagi ketiga-tiga keadaan. Corak EEG bagi subjek B adalah lebih tinggi berbanding dua subjek yang lain semasa rehat manakala coraknya hampir serupa dengan subjek A dan C selepas simulasi perlawanan.

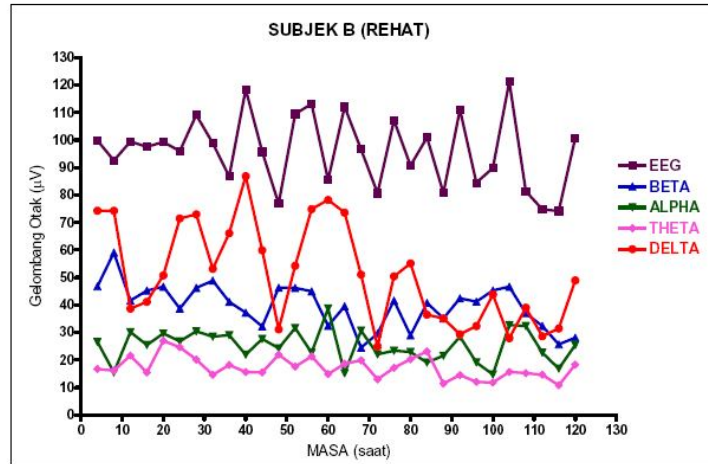
3. Corak Gelombang Otak Semasa Rehat



Rajah 4: Corak gelombang otak subjek A semasa rehat

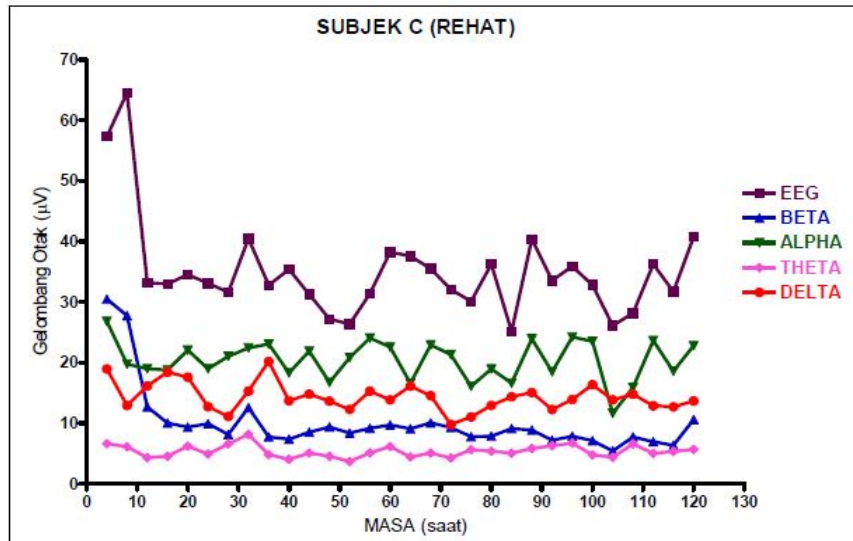
Rajah 4 menunjukkan corak gelombang otak bagi subjek A semasa rehat. Secara keseluruhannya, gelombang otak *alpha* menunjukkan aktiviti yang tertinggi berbanding

gelombang-gelombang otak yang lain diikuti oleh gelombang otak *delta*. Kedua-dua gelombang otak *theta* dan *beta* menunjukkan aktiviti yang rendah.



Rajah 5: Corak gelombang otak subjek B semasa rehat

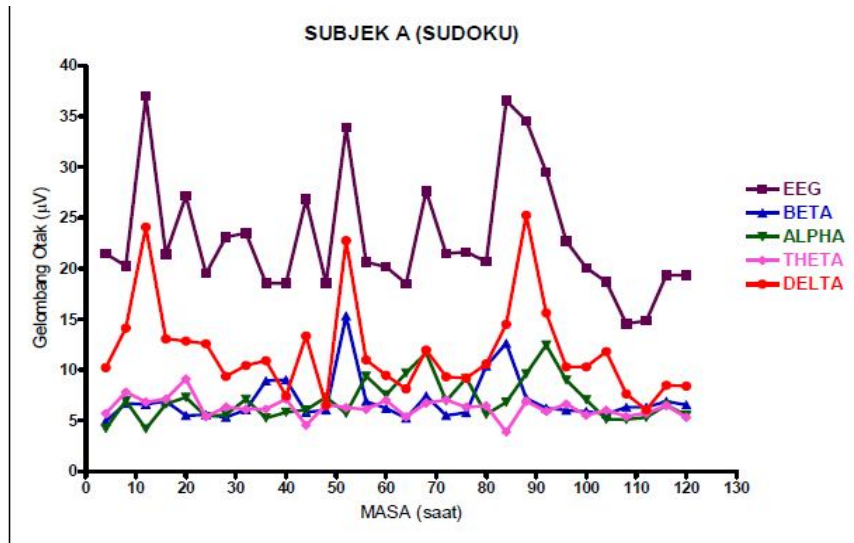
Rajah 5 menunjukkan corak gelombang otak bagi subjek B semasa rehat. Gelombang otak *delta* menunjukkan aktiviti yang paling tinggi secara keseluruhannya berbanding gelombang-gelombang otak lain. Manakala aktiviti yang paling rendah dapat diperhatikan dari gelombang otak *theta*.



Rajah 6: Corak gelombang otak subjek C semasa rehat

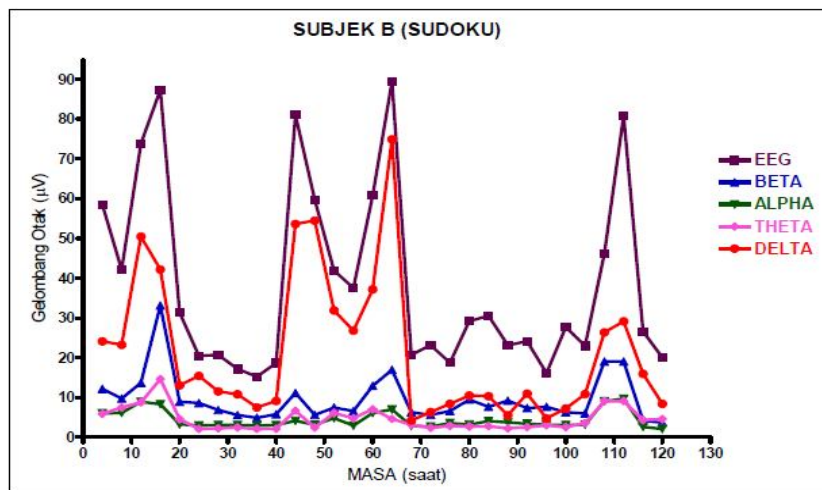
Rajah 6 menunjukkan corak gelombang otak subjek C dalam keadaan rehat. Berdasarkan rajah tersebut, didapati gelombang otak *alpha* mempunyai aktiviti tertinggi diikuti oleh gelombang otak *delta* dan *beta*. Gelombang otak yang menunjukkan aktiviti terendah ialah gelombang *theta*.

4. Corak Gelombang Otak Semasa Bermain Sudoku



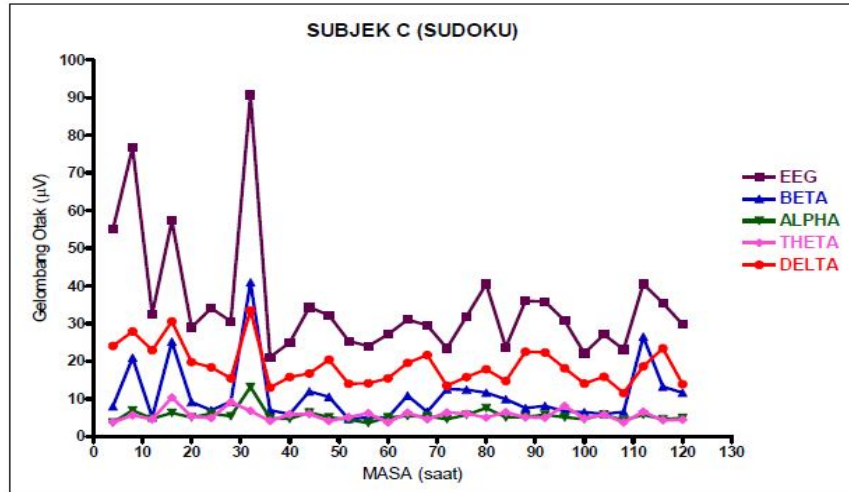
Rajah 7: Corak gelombang otak subjek A semasa bermain Sudoku

Rajah 7 menunjukkan corak gelombang otak bagi subjek A semasa bermain sudoku. Berdasarkan rajah tersebut, aktiviti tertinggi ditunjukkan oleh gelombang otak *delta* manakala gelombang otak *beta*, *alpha* dan *theta* ketiga-tiganya menunjukkan aktiviti yang agak rendah.



Rajah 8: Corak gelombang otak subjek B semasa bermain Sudoku

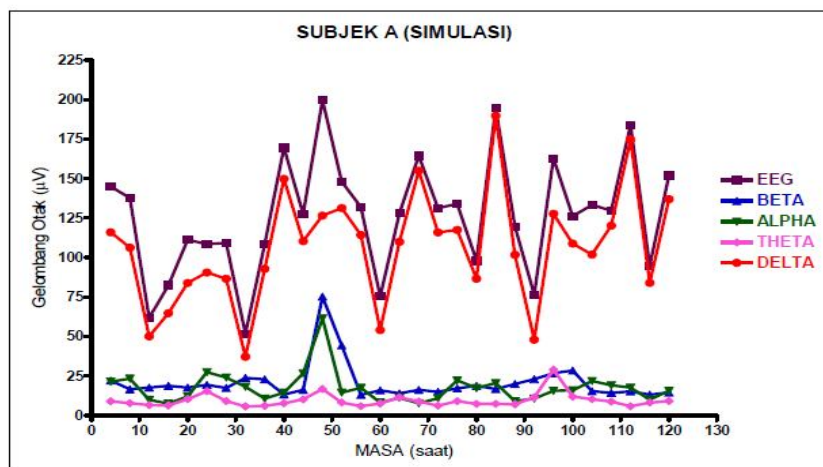
Rajah 8 menunjukkan corak gelombang otak bagi subjek B semasa bermain sudoku. Gelombang otak *delta* menunjukkan aktiviti yang paling tinggi berbanding gelombang-gelombang lain. Ketiga-tiga gelombang otak *beta*, *alpha* dan *theta* menunjukkan aktiviti yang agak rendah.



Rajah 9: Corak gelombang otak subjek C semasa bermain Sudoku

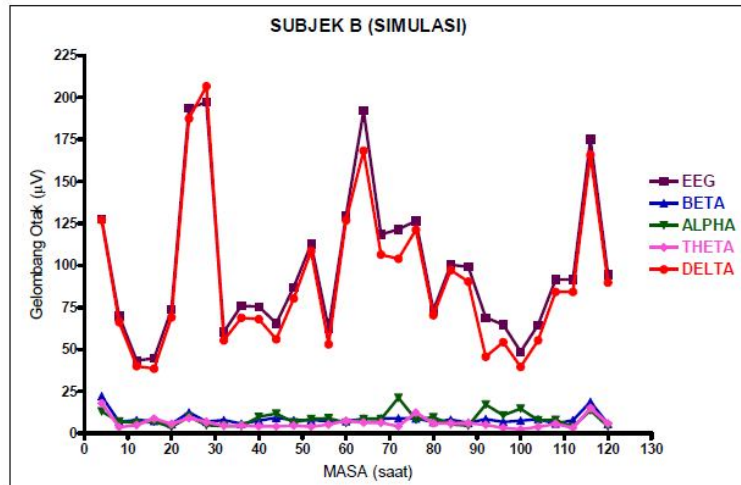
Rajah 9 menunjukkan corak gelombang otak bagi subjek C semasa bermain sudoku. Gelombang otak *delta* memberikan bacaan tertinggi secara keseluruhannya manakala gelombang otak *beta* memberikan bacaan yang berubah-ubah. Kedua-dua gelombang otak *alpha* dan *theta* menunjukkan aktiviti yang rendah.

5. Corak Gelombang Otak Selepas Simulasi Perlawanan Taekwondo



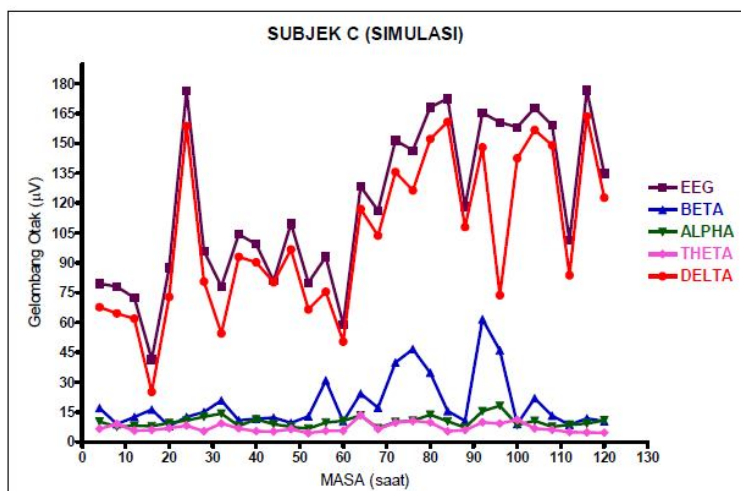
Rajah 10: Corak gelombang otak subjek A selepas simulasi perlawanan

Rajah 10 menunjukkan corak gelombang otak subjek A selepas simulasi perlawanan taekwondo. Berdasarkan rajah tersebut, didapati gelombang otak *delta* mempunyai aktiviti yang jauh lebih tinggi berbanding gelombang otak *beta*, *alpha* dan *theta* yang menunjukkan aktiviti yang rendah.



Rajah 11: Corak gelombang otak subjek B selepas simulasi perlawanan

Rajah 11 menunjukkan corak gelombang otak subjek B selepas simulasi perlawanan taekwondo. Rajah tersebut jelas menunjukkan gelombang *delta* yang lebih tinggi aktivitinya berbanding gelombang otak yang lain. Gelombang otak *beta*, *alpha* dan *theta* menunjukkan aktiviti yang rendah.

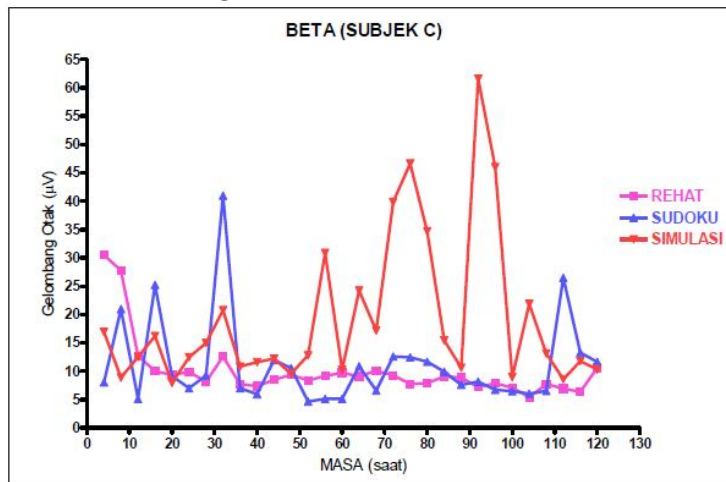


Rajah 12: Corak gelombang otak subjek C selepas simulasi perlawanan

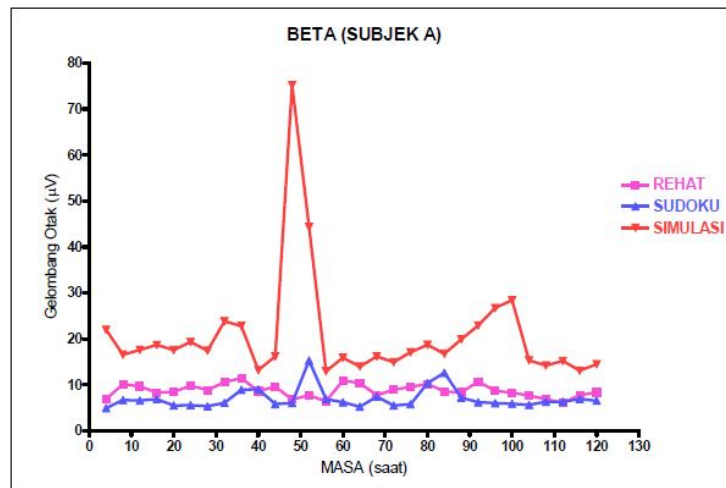
Rajah 12 menunjukkan corak gelombang otak subjek C selepas simulasi perlawanan taekwondo. Gelombang otak *delta* menunjukkan aktiviti yang jauh lebih tinggi daripada gelombang-gelombang otak yang lain. Ketiga-tiga gelombang otak *beta*, *alpha* dan *theta* menunjukkan aktiviti yang rendah.

6. Perbandingan Aktiviti Gelombang Otak Semasa Rehat, Sudoku dan Selepas Simulasi Perlawanan

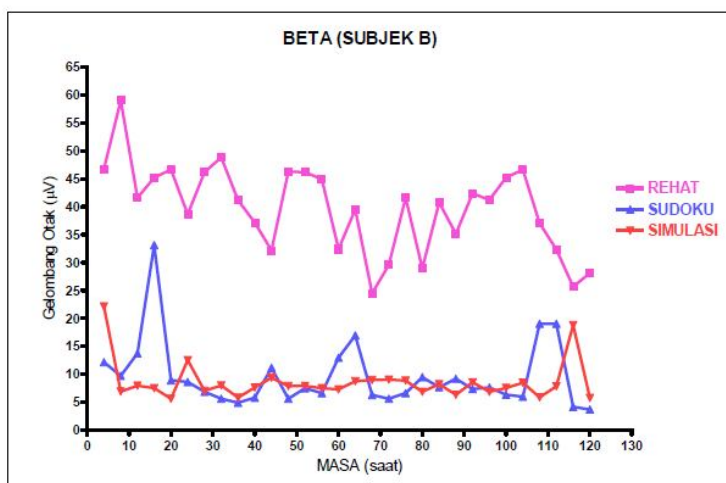
i) Perbandingan Corak Gelombang Otak Beta



(c)



(a)

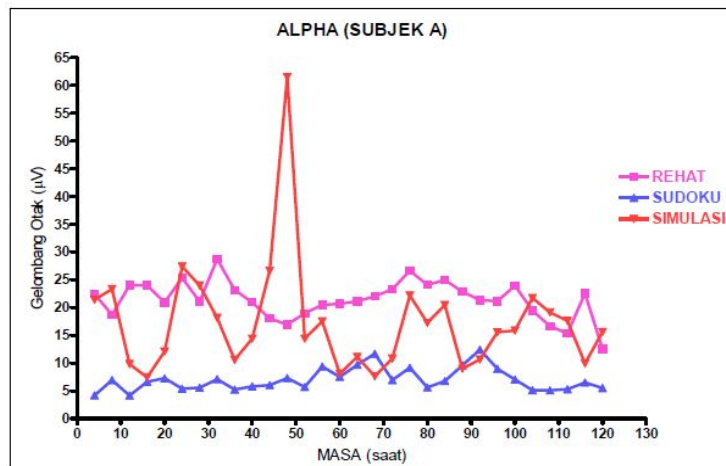


(b)

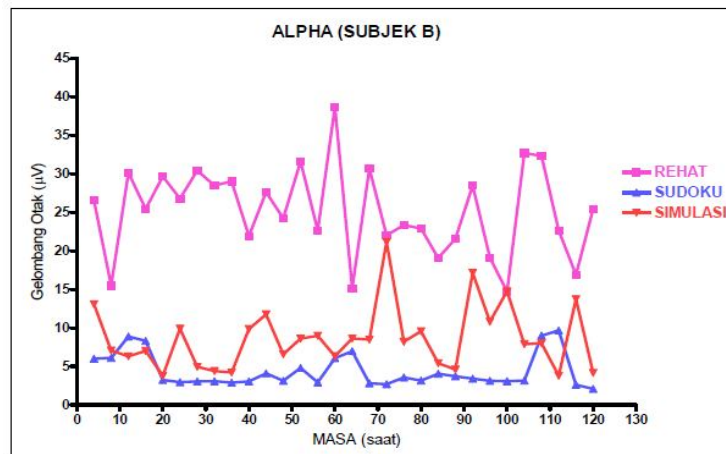
Rajah 13: Corak gelombang otak *beta* semasa rehat, sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi (a) Subjek A (b) Subjek B (c) Subjek C

Rajah 13 menunjukkan corak gelombang otak *beta* semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi subjek A, B dan C. Ketigatiga subjek tidak menunjukkan corak gelombang *beta* yang sama di mana gelombang otak *beta* subjek A adalah lebih aktif selepas simulasi perlawanan dan subjek B dalam keadaan rehat manakala subjek C memberikan bacaan yang berubah-ubah bagi ketiga-tiga keadaan dengan keadaan selepas simulasi perlawanan menunjukkan peningkatan yang mendadak pada masa-masa tertentu.

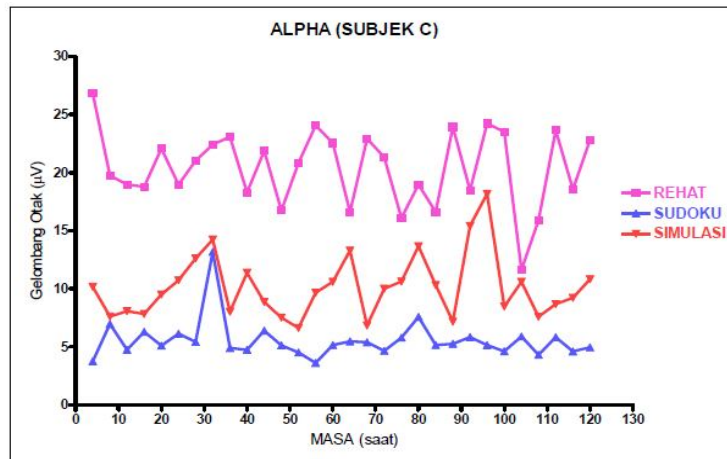
ii) Perbandingan Corak Gelombang Otak Alpha



(a)



(b)

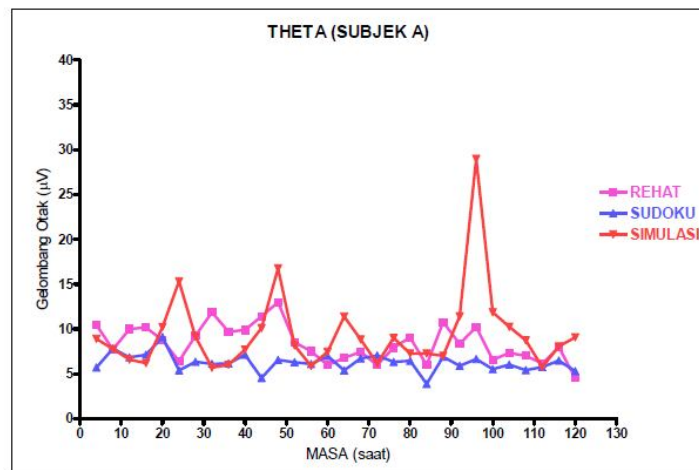


(c)

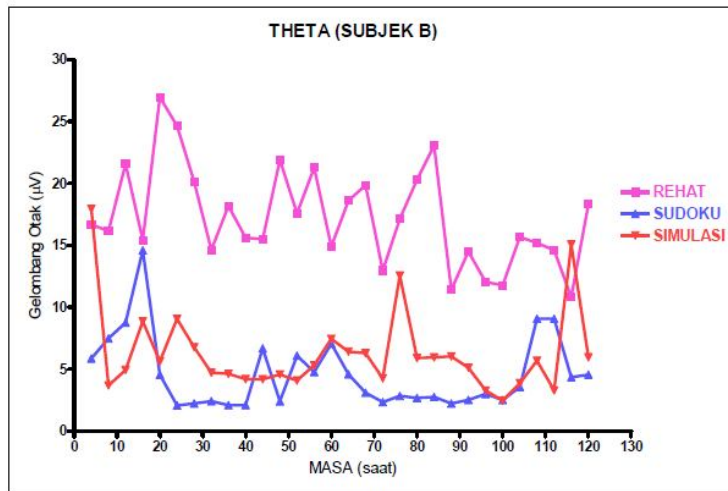
Rajah 14: Corak gelombang otak *alpha* semasa rehat, sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi (a) Subjek A (b) Subjek B (c) Subjek C

Rajah 14 menunjukkan corak gelombang otak *alpha* semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi subjek A, B dan C. Berdasarkan corak gelombang otak yang diperolehi, ketiga-tiga subjek menunjukkan aktiviti gelombang otak *alpha* yang paling tinggi ketika berada dalam keadaan rehat, diikuti oleh selepas simulasi perlawanan dan yang terendah ketika bermain Sudoku secara keseluruhannya. Gelombang *alpha* subjek A selepas simulasi perlawanan meningkat mendadak pada saat ke-48.

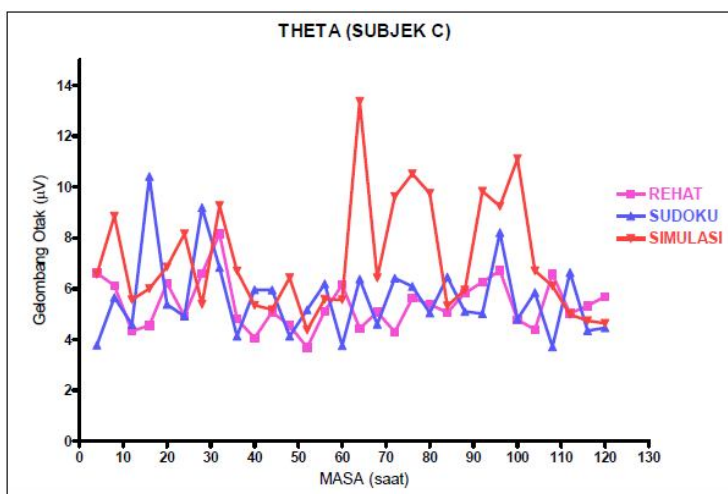
iii) Perbandingan Corak Gelombang Otak Theta



(a)



(b)

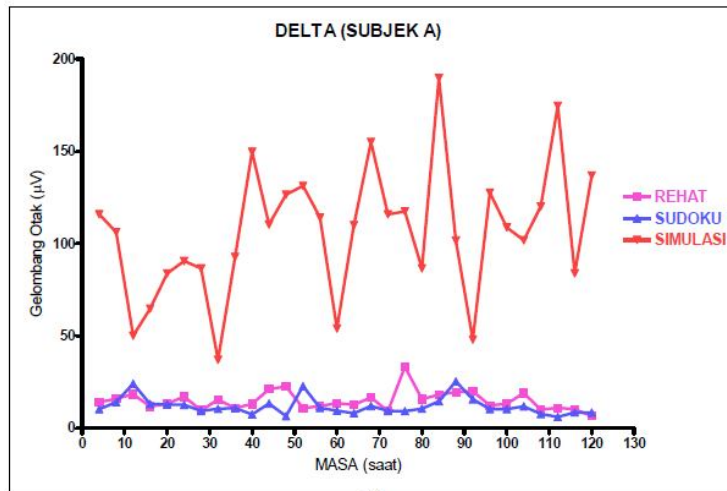


(c)

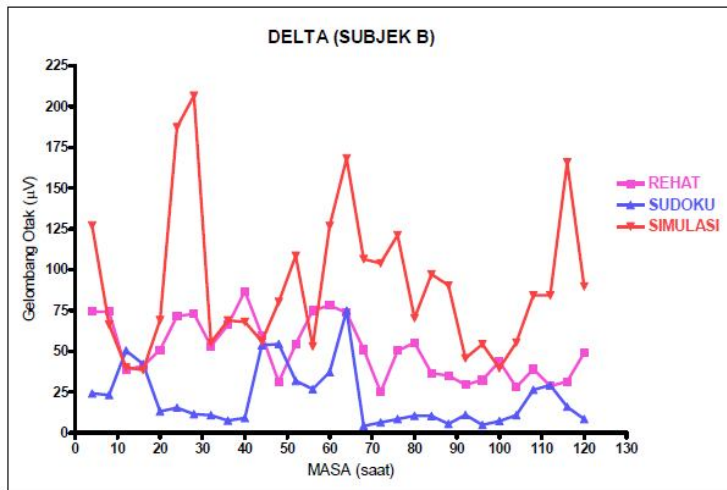
Rajah 15: Corak gelombang otak *theta* semasa rehat, sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi (a) Subjek A (b) Subjek B (c) Subjek C

Rajah 15 menunjukkan corak gelombang otak *theta* semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi subjek A, B dan C. Corak gelombang otak *theta* bagi subjek A dan C adalah hampir serupa bagi ketiga-tiga keadaan di mana aktiviti gelombang otak *theta* berubah-ubah sepanjang tempoh pengambilan data dengan keadaan selepas simulasi perlawanan memberikan beberapa bacaan yang meningkat mendadak pada masa-masa tertentu. Ini berbeza dengan corak gelombang otak subjek B yang menunjukkan gelombang otak *theta* yang lebih aktif dalam keadaan rehat berbanding dua keadaan yang lain.

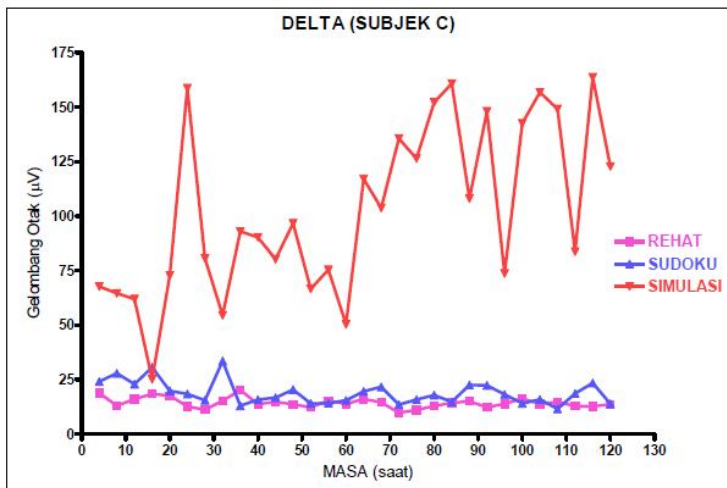
iv) Perbandingan Corak Gelombang Otak Delta



(a)



(b)



(c)

Rajah 16: Corak gelombang otak *delta* semasa rehat, sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi (a) Subjek A (b) Subjek B (c) Subjek C

Rajah 16 menunjukkan corak gelombang otak *delta* semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan bagi subjek A, B dan C. Ketigatiga subjek menunjukkan aktiviti gelombang otak *delta* yang tertinggi selepas simulasi perlawanan di mana bacaannya adalah jauh lebih tinggi daripada bacaan ketika rehat dan semasa bermain sudoku. Gelombang otak *delta* bagi subjek A dan C ketika rehat dan semasa bermain sudoku berada pada paras yang rendah secara konsisten manakala gelombang *delta* subjek B berubah-ubah bagi ketiga-tiga keadaan sepanjang bacaan diambil.

v) Analisis Inferensi Gelombang Otak Beta

Aktiviti gelombang otak *beta* dianalisis menggunakan analisis *repeated measures* ANOVA dengan keadaan ujian (rehat vs. sudoku vs. selepas simulasi taekwondo) sebagai faktor dalam subjek. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah tidak signifikan, $F(2, 4) = 0.531$, $p = 0.625$, $p > 0.05$. Oleh itu, hipotesis nol yang pertama yang menyatakan tidak terdapat yang signifikan bagi aktiviti gelombang otak *beta* atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo diterima.

vi) Analisis Inferensi Gelombang Otak Alpha

Aktiviti gelombang otak *alpha* dianalisis menggunakan analisis *repeated measures* ANOVA dengan keadaan ujian (rehat vs. sudoku vs. selepas simulasi taekwondo) sebagai faktor dalam subjek. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah signifikan, $F(2, 4) = 19.966$, $p = 0.008$, $p < 0.05$. Perbandingan Post-hoc menggunakan *Bonferroni adjustment* untuk pelbagai perbandingan dilaksanakan. Aktiviti gelombang otak *alpha* semasa rehat ($M = 22.331$, $SD = 2.540$) dan semasa bermain sudoku ($M = 5.647$, $SD = 1.304$) menunjukkan perbezaan yang signifikan $p = 0.045$, $p < 0.05$. Manakala perbandingan antara aktiviti gelombang otak *alpha* semasa bermain sudoku ($M = 5.647$, $SD = 1.304$) dan selepas simulasi perlawanan taekwondo ($M = 12.054$, $SD = 4.671$) serta aktiviti gelombang otak *alpha* semasa rehat ($M = 22.331$, $SD = 2.540$) dan selepas simulasi perlawanan taekwondo ($M = 12.054$, $SD = 4.671$) adalah tidak signifikan dengan nilai p masing-masing ialah $p = 0.253$ dan $p = 0.314$ iaitu $p > 0.05$. Oleh itu, hipotesis alternatif yang kedua yang menyatakan terdapat perbezaan yang signifikan bagi aktiviti gelombang otak *alpha* atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo diterima.

vii) Analisis Inferensi Gelombang Otak Theta

Aktiviti gelombang otak *theta* dianalisis menggunakan analisis *repeated measures* ANOVA dengan keadaan ujian (rehat vs. sudoku vs. selepas simulasi taekwondo) sebagai faktor dalam subjek. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah tidak signifikan, $F(2, 4) = 1.075$, $p = 0.423$, $p > 0.05$. Oleh itu, hipotesis nol yang ketiga yang menyatakan tidak terdapat perbezaan yang signifikan bagi aktiviti gelombang otak *theta* atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo diterima.

viii) Analisis Inferensi Gelombang Otak Delta

Aktiviti gelombang otak *alpha* dianalisis menggunakan analisis *repeated measures* ANOVA dengan keadaan ujian (rehat vs. sudoku vs. selepas simulasi taekwondo) sebagai faktor dalam subjek. *Sphericity assumption* diterima dengan *main effect* keadaan ujian adalah signifikan, $F(2, 4) = 27.842$, $p = 0.004$, $p < 0.05$. Perbandingan Post-hoc menggunakan *Bonferroni*

adjustment untuk pelbagai perbandingan dilaksanakan. Aktiviti gelombang otak *delta* semasa bermain Sudoku (M = 17.409, SD = 4.993) dan selepas simulasi perlawanan taekwondo (M = 100.039, SD = 8.066) menunjukkan perbezaan yang signifikan $p = 0.045$, $p < 0.05$. Manakala perbandingan antara aktiviti gelombang otak *delta* semasa rehat (M = 26.821, SD = 21.114) dan semasa bermain sudoku (M = 17.409, SD = 4.993) serta aktiviti gelombang otak *delta* semasa rehat (M = 26.821, SD = 21.114) dan selepas simulasi perlawanan taekwondo (M = 100.039, SD = 8.066) adalah tidak signifikan dengan nilai p masing-masing ialah $p = 0.253$ dan $p = 0.314$ iaitu $p > 0.05$. Oleh itu, hipotesis alternatif yang keempat yang menyatakan terdapat perbezaan yang signifikan bagi aktiviti gelombang otak *delta* atlet taekwondo semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo diterima.

10.0 PERBINCANGAN

Secara keseluruhannya, kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti corak aktiviti gelombang otak dalam tiga keadaan yang berbeza iaitu semasa rehat, semasa bermain sudoku dan selepas simulasi perlawanan taekwondo. Kemudian perbandingan terhadap aktiviti gelombang otak bagi ketiga-tiga keadaan dilakukan untuk melihat persamaan atau perbezaan aktiviti gelombang otak antara keadaan. Dapatan kajian telah mencapai semua objektif yang telah ditetapkan iaitu dengan menggunakan *electroencephalography* (EEG), aktiviti gelombang otak direkodkan dan kemudian perbezaan tertinggi dari nilai sifar dikenal pasti untuk mendapatkan corak aktiviti gelombang otak. Ketiga-tiga keadaan (rehat, sudoku dan selepas simulasi perlawanan) memberikan corak gelombang otak yang berbeza disebabkan keperluan setiap keadaan adalah berlainan sama ada duduk dengan rileks, berfikir untuk menyelesaikan masalah ataupun menjalani aktiviti fizikal. Walaupun corak gelombang otak setiap keadaan kelihatan berbeza, hanya gelombang otak *alpha* dan *delta* yang menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan apabila analisis statistik menggunakan *repeated measures* ANOVA dijalankan. Kedua-dua gelombang otak *beta* dan *theta* pula menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara tiga keadaan. Corak gelombang otak selepas simulasi perlawanan adalah menarik di mana aktiviti simulasi perlawanan dapat merangsang peningkatan tahap relaksasi mental yang drastik.

RUJUKAN

- Aserinsky, E., & Kleitman, N. (1953). Regularly Occuring Periods of Eye Motility and Concomitant Phenomena, During Sleep. *Science Journal*. 118, 273-274. In Susmakova, K. (2004). Human Sleep and Sleep EEG. *Measurement Science Review*. Volume 4, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Atwood, H. L., & MacKay, W. A. (1989). *Essentials of Neurophysiology*. Canada: B. C. Decker, Hamilton. In Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*. Volume 2, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Bronzino, J. D. (1995). *Principles of Electroencephalography*. In Bronzino, J.D. (Ed.) *The Biomedical Engineering Handbook*. (pp. 201-212). Florida: CRC Press. In Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*. Volume 2, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Clarke, R., & Clarke, S. (1995). The Benefits of Sport in the Northwest Territories – An Assessment. Nunavut Consulting.

- Crevecoeur, G., Hallez, H., Van Hese, P., Asseler, Y. D., Dupre, L., & Van de Walle, R. (2006). EEG Source Analysis Using Space Mapping Techniques. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 215(2), 339-347.
- Daniel, R. S. (1967). Alpha and Theta EEG in Vigilance. *Percept Mot Skills*. 25, 697-703.
- Sforza, E., Grandin, S., Jouny, C., Rochat, T., and Ibanez, V. (2002). Is Waking Electroencephalographic Activity A Predictor Of Daytime Sleepiness In Sleep-Related Breathing Disorders? *European Respiratory Journal*. 19, 645-652, European Respiratory Journal.
- Hammond, D. C. (2007). Neurofeedback for the Enhancement of Athletic Performance and Physical Balance. *The Journal of the American Board of Sport Psychology*.
- John, E. R. (1979). United States Patent No. 4,171,696. Retrieved March 11, 2008 <http://www.google.com/patents?hl=en&lr=&vid=USPAT4171696&id=blg2A AAAEBAJ&oi=fnd&dq=Prevention+of+distortion+of+brainwave+data+due+to+eye+movement+and+other+artifacts>
- Loomis, A. L., Harvey, E. N., & Hobart, G. A. (1937). Cerebral States During Sleep, as Studied by Human Brain Potentials. *Journal of Exp. Psychology*. 21, 127-144.
- Susmakova, K. (2004). Human Sleep and Sleep EEG. *Measurement Science Review*. Volume 4, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Meeusen, R. (2005). Exercise and Brain, Is There Any Evidence That Exercise Works for Rehabilitation? *10th Annual Congress of the European College of Sport Science*. 13-16 July. Belgrade, Serbia, 29-30.
- Miller, G. A., & Heller, W. (2007, June 3). Brain Activity Reflects Differences in Types of Anxiety. *Medical News Today*. Retrieved September 27, 2007, from <http://www.medicalnewstoday.com/articles/72512.php>
- Niedermeyer, E., & Lopes da Silva, F. H. (1993). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*. (3rd ed.). Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- In Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*. Volume 2, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Nunez, P. L. (1995). *Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms*. New York: Oxford University Press.
- In Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*. Volume 2, Section 2. Institute of Measurement Science.
- Nybo, L., & Nielsen, B. (2001). Perceived Exertion is Associated With An Altered Brain Activity During Exercise With Progressive Hyperthermia. *Journal of Applied Physiology*. 91, 2017-2023. American Physiological Society.
- Ohtsuki, T. (2007). Sports and Brain Sciences. *Asia-Pacific Conference on Exercise and Sports Science*. 6-8 December. Higashi-Hiroshima City, Japan, 35-36.
- Rau, R., Raschka, C., Brunner, K., & Banzer, W. (1998). Spectral Analysis of Electroencephalography Changes After Choking in Judo. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 30(9), 1356-1362. American College of Sports Medicine.
- Sforza, E., Grandin, S., Jouny, C., Rochat, T., & Ibanez, V. (2002). Is Waking Electroencephalographic Activity A Predictor Of Daytime Sleepiness In Sleep-Related Breathing Disorders? *European Respiratory Journal*. 19, 645- 652, European Respiratory Journal.
- Shunichi, T. (2007). The Mood Before and After Physical Activity in Two Different Physical Education Classes At University In Japan. *12th Annual Congress of the European College of Sport Science*. 11-14 July. Jyvaskyla, Finland.
- Susmakova, K. (2004). Human Sleep and Sleep EEG. *Measurement Science Review*. Volume 4, Section 2. Institute of Measurement Science.

- Swartz, B.E. & Goldenshon, E.S. (1998) Timeline of the History of EEG and Associated Fields, *Electroencephalography Clinical Neurophysiology*. 106, 173-176.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*. Volume 2, Section 2. Institute of Measurement Science.